

Министерство образования и науки Кыргызской Республики

**Кыргызский государственный технический университет
им. И.Раззакова**

Кафедра "Техносферная безопасность"

**Исследование концентраций вредных газов и паров
в воздухе рабочих помещений**
Методические указания к лабораторной работе № 3 для
студентов всех форм обучения всех специальностей

Бишкек 2019

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
«Техносферная безопасность»
Прот. № 9 от 21.05. 2019 г.

ОДОБРЕНО
Методическим советом
энергетического факультета
Прот. № 1 от 11.09.2012 г.

Составитель: **Таштанбаева В.О.**

УДК 66. 092. 42

Исследование концентраций вредных газов и паров в воздухе рабочих помещений. Методические указания к лабораторной работе № 3 для студентов всех форм обучения всех специальностей/Кыргыз. гос. техн. ун-т. Сост: Таштанбаева В.О., Бишкек, 2019. 12 с.

Изложены методы определения загазованности воздуха производственных помещений при помощи газоанализаторов.

Предназначено для студентов всех специальностей.

Табл. 4 . Библиогр. назв. 5

Рецензент: к.т.н., доцент Сатыбалдиева Дж.К.

Цель работы

Ознакомление с методами контроля качества воздушной среды на загазованность, приобретение практических навыков использования технических средств контроля и оценки вредности воздушной среды на производстве.

Задание

Исследовать воздушную среду на содержание в ней вредных газов. Определить фактическую концентрацию, сравнить ее с предельно допустимой.

Классификация вредных веществ

Вредные вещества – это такие вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения от состояния здоровья.

Чтобы правильно оценить условия труда работающих на производстве людей и сохранить их здоровье, надо знать, какие вредные вещества в виде газов, паров и аэрозолей (пыли, дыма, тумана) могут выделяться в воздух рабочей зоны при данных процессах и в каких количествах. Содержание этих веществ в воздухе не должно превышать установленных для них предельно-допустимых концентраций (ПДК) (табл.1).

Химические вещества в зависимости от их использования классифицируются на: промышленные яды; ядохимикаты используемые в сельском хозяйстве; лекарственные средства; бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок, средств санитарии и т.д.; биологические растительные и животные яды.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на:

общетоксические – вызывающие отравление всего организма (окись углерода, цианистые соединения, свинец, ртуть, бензол, мышьяк и его соединения и др.);

раздражающие – вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, сернистый газ, фтористый водород, окислы азота, озон, ацетон и др.);

сенсibiliзирующие – действующие как аллергены (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитро – и нитрозосоединенный и др.);

канцерогенные – вызывающие раковые заболевания (никель и его соединения, амины, окислы хрома, асбест и др.);

мутагенные - приводящие к изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные вещества и др.);

влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, марганец, стирол, радиоактивные вещества, которые приводят к бесплодию).

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны
 По ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ $c_{пдк}$ (мг/м³) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы

1. Чрезвычайно опасные, ($ПДК < 0,1$ мг/м³);
2. Высокоопасные ($0,1 < ПДК < 1,0$ мг/м³);
3. Умеренно опасные ($1,0 < ПДК < 10,0$ мг/м³);
4. Малоопасные ($ПДК > 10$ мг/м³).

Таблица 1.

Значения допустимых концентраций веществ.

Вещество	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Бериллий и его соединения	0,001	1	аэрозоль
Свинец	0,01	1	аэрозоль
Марганец	0,05	1	аэрозоль
Озон	0,1	1	пары и (или) газы
Хлор	1	2	пары и (или) газы
Соляная кислота	5	2	пары и (или) газы
Кремнеземсодержащие пыли	1	3	аэрозоль
Окись железа	4 – 6	4	аэрозоль
Окись углерода, аммиак	20	4	пары и (или) газы
Топливный бензин	100	4	пары и (или) газы
Ацетон	200	4	пары и (или) газы

Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (кровью, ферментами). Кроме того эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также от метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Токсичность – это способность веществ оказывать отрицательное воздействие на организм человека, приводить к нарушению процессов жизнедеятельности и вызывать отравляющее или наркотическое воздействие и характеризуется двумя параметрами: верхним и нижним.

Верхний параметр токсичности характеризуется величиной смертельных концентраций для животных различных видов.

Нижний параметр токсичности характеризуется минимальными концентрациями, влияющими на высшую нервную деятельность (условные и безусловные рефлексы) и мышечную работоспособность.

Ядовитые свойства могут проявить все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах

К промышленным ядам относится большая группа химических веществ и соединений, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов встречаются в производстве.

В организм промышленные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Помимо острых и хронических профессиональных интоксикаций промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости.

Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными изменениями или гибелью организма. В первом случае токсичность принято выражать в виде действующих, пороговых и недействующих доз и концентраций, во втором – в виде смертельных концентраций.

Различают среднесмертельные дозы (медианносмертельные, сокращенно LD_{50} или LD_{50}), абсолютно смертельные (LD_{90-100} , LD_{90-100}), минимально смертельные (LD_{10} , LD_{10}), среднеэффективные дозы (медианноэффективные, ED_{50} или ED_{50}) – вызывающие определенные токсические эффекты, пороговые дозы (PD_{50} или PD_{50}) и другие (цифры в индексе – вероятность в % появления определенного токсического эффекта – смерти, порогового действия и др.).

Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе CL_{50} (мг/м³) – это концентрация вещества вызывающая гибель 50% подопытных животных при 2-4 часовом ингаляционном воздействии;

Среднесмертельная доза при введении в желудок DL_{50} (мг/кг) – доза вещества, вызывающая гибель 50% организмов при однократном введении в желудок.

Среднеэффективная доза (ED_{50}) - это такая доза вещества, при действии которой на объект развивается эффект, равный 50% от максимально возможного.

Степень токсичности вещества характеризуется величиной токсической дозы – количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность.

Опасность вещества – это вероятность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства или применении химических соединений

Возможность отравления может оцениваться коэффициентом возможного ингаляционного отравления.

Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО) – это отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20⁰С к средней смертельной концентрации вещества для подопытных животных:

$$КВИО = C_{20}/CL_{50}$$

где, C_{20} – насыщенная концентрация вредного вещества в воздухе при 20°C;

CL_{50} – средне смертельная концентрация веществ в воздухе.

При воздействии химических веществ на организм человека отравления протекают в острой и хронической формах.

Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда; они характеризуются кратковременностью действия токсических веществ не более, чем в течение одной смены; поступлением вредного вещества в относительно больших количествах – при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в органы в относительно небольших количествах. Отравления возникают вследствие накопления массы вредного вещества в организме или вызываемых ими нарушений в организме. Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций.

На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ, обычно рабочий на производстве подвергается одновременному воздействию нескольких веществ, т.е. комбинированному воздействию.

Комбинированное действие - это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия ядов в зависимости от эффектов токсичности: аддитивного, потенцированного, антагонистического и независимого действия.

Аддитивное действие – это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Потенцированное действие (синергизм) – компонентов смеси обусловлено тем, что одно вещество усиливает действие другого.

Антагонистическое действие – эффект комбинированного действия менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого.

При **независимом действии** преобладает эффект наиболее токсичного вещества.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и кожу, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт и т.д.).

В связи с тем, что требование полного отсутствия промышленных ядов в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к

воздуху рабочей зоны»), которая проводится в три этапа: 1 – обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВД); 2 – обоснование ПДК; 3 – корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

Степень токсичности вещества характеризуется также предельно допустимой концентрацией (ПДК)-максимальным количеством вещества в единице объема воздуха или воды, которое при ежедневном воздействии на организм в течение длительного времени не вызывает в нем патологических изменений, а также не нарушает нормальной жизнедеятельности человека.

Таблица 2

Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/м ³	менее 15	15 – 150	151 – 5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/м ³	менее 100	100 - 500	501 - 2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	менее 500	500 - 5000	5001 - 50000	более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300 - 30	29 - 3	менее 3
Зона острого действия, м	менее 6,0	6,0 – 18,0	18,1 – 54,0	более 54,0
Зона хронического действия, м	более 10	10,0 – 5,0	4,9 – 2,5	менее 2,5

Защита от вредных химических веществ

Общие мероприятия защиты работающих и средства предупреждения загрязнения воздушной среды на производстве включают:

- изъятие вредных веществ из технологических процессов, замена вредных веществ менее вредными и т.п.;
- усовершенствование технологических процессов и оборудования;
- автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами и оборудованием, исключая непосредственный контакт работающих с вредными веществами;

- герметизация производственного оборудования, работа технологического оборудования в вентилируемых укрытиях, локализация вредных выделений за счет местной вентиляции, аспирационных установок;
- нормальное функционирование систем: отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, очистки выбросов в атмосферу и санитарная обработка;
- предварительные и периодические медицинские осмотры работающих, во вредных условиях, профилактическое питание, соблюдение правил личной гигиены;
- контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- использование средств индивидуальной защиты.

Методы определения вредных паров и газов в воздухе

Специфика исследований качества воздушной среды заключается в том, что в большинстве случаев требуется определить очень малые количества вещества, измеряемые миллиграммами или их долями. Поэтому используемые методы должны быть высокочувствительными, быстрыми и точными.

Методы определения содержания вредных веществ в воздухе основаны на различных физических и химических явлениях, но они неизменно включают два процесса: отбор пробы воздуха и его анализ.

Для проведения анализов по определению загазованности воздушной среды существует ряд методов:

1. *Лабораторный метод.* Отобранная проба воздуха анализируется в лаборатории химическими или физико-химическими методами (фотоколориметрическими, хроматографическими, масс-спектрометрическими и др.). Используя данные методы, можно с достаточной точностью определить количество примесей в воздухе, но это требует значительных затрат времени.

2. *Автоматический метод.* Качество воздушной среды анализируется с помощью автоматических газоанализаторов. Они могут быть сблокированы со звуковой или световой сигнализацией.

3. *Экспресс-метод.* Применяют для ускоренного, количественного измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Сущность его заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом в анализируемом воздухе, прокачиваемом через индикаторную трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится по длине изменившего первоначальную окраску порошка в трубке. Экспресс-анализ выполняется универсальным газоанализатором типа УГ-2 (рис. 1.), который используется для установления концентраций сернистого ангидрида, ацетилен, окиси углерода, сероводородов, хлора, аммиака, окислов азота, этилового эфира, бензина, бензола, толуола, ксилола, углеводородов нефти и др.

Газоанализатор УГ-2 состоит из корпуса 7, внутри которого расположен резиновый воздушный насос 5, называемый также аспиратором или сильфоном.

Аспиратор имеет вид широкой гофрированной резиновой трубы, закрепленной между двумя металлическими фланцами. Внутри аспиратора

имеется стальная пружина 4, которая держит его в растянутом положении. Для сохранения формы гофрированных поверхностей с внутренней стороны в гофры вставлены распорные кольца 6. Сильфон сжимается штоком 1 путем нажатия рукой на его головку. Прибор оборудован направляющей втулкой 2, смонтированной на верхней плите 3. Для фиксации хода штока во время движения его по направляющей втулке предусмотрен стопор 12. Шток газоанализатора имеет на противоположных сторонах канавки 15. Над канавками вверху стоит цифра, соответствующая объему просасываемого воздуха в миллилитрах. Каждая канавка имеет два отверстия для фиксации стопором обозначенного объема – протянутого через индикаторную трубку воздуха. Ход поршня 10 от нижнего отверстия до верхнего регулируется автоматически. После протягивания обозначенного объема воздуха слышится щелчок от срабатывания стопора на верхнем отверстии канавки штока. Нижняя часть сильфона соединена резиновой трубкой 13 со штуцером 14, к которому присоединен гибкий резиновый шланг 11, предназначенный для присоединения индикаторных трубок. Индикаторные трубки представляют собой стеклянные трубки длиной 90 мм с внутренним диаметром 2,5 мм, которые заполняются индикаторным порошком. На лицевой стороне панели прибора имеется гнездо 8 для хранения штока 1.

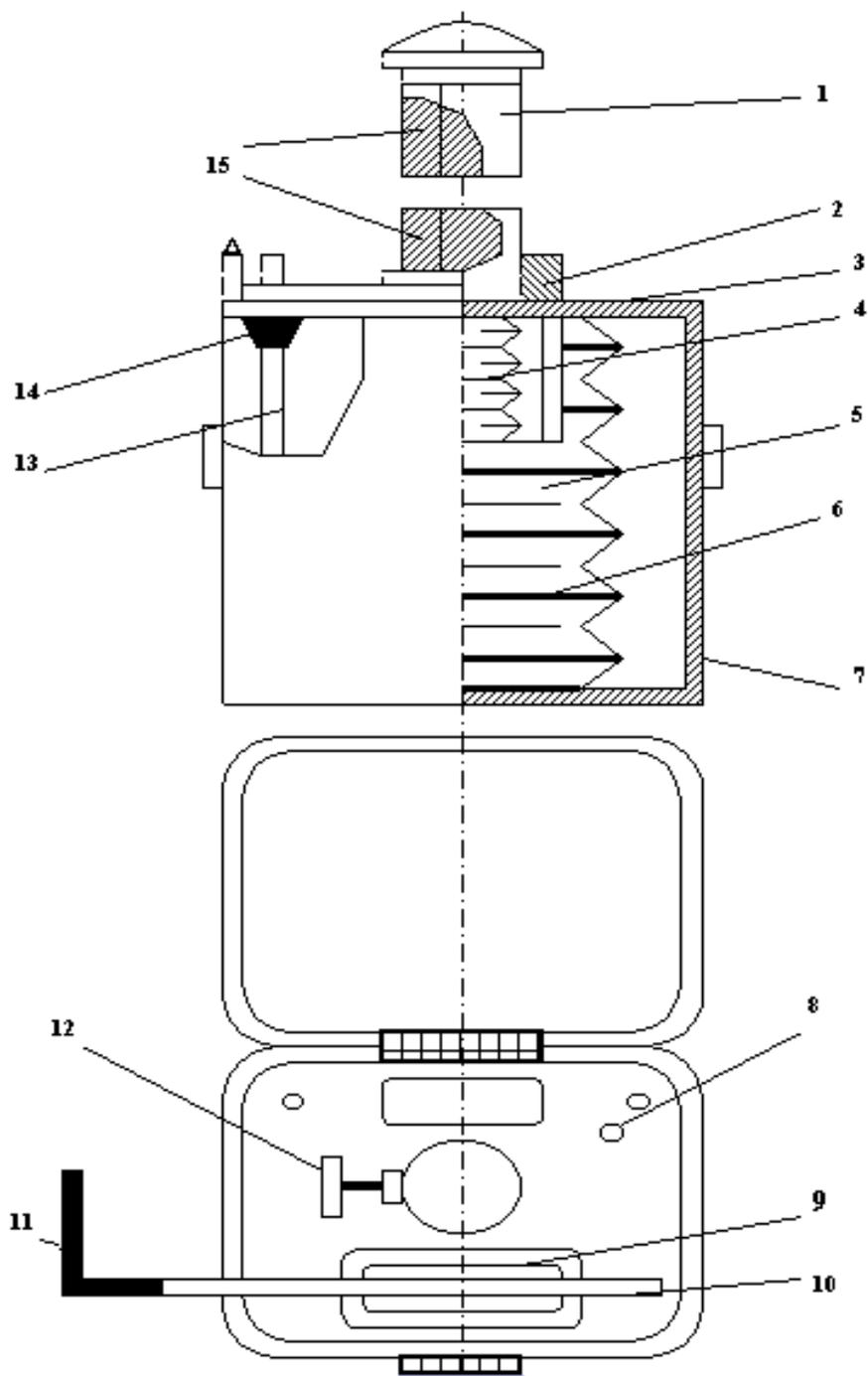


Рис.1 Общий вид универсального газоанализатора УГ-2

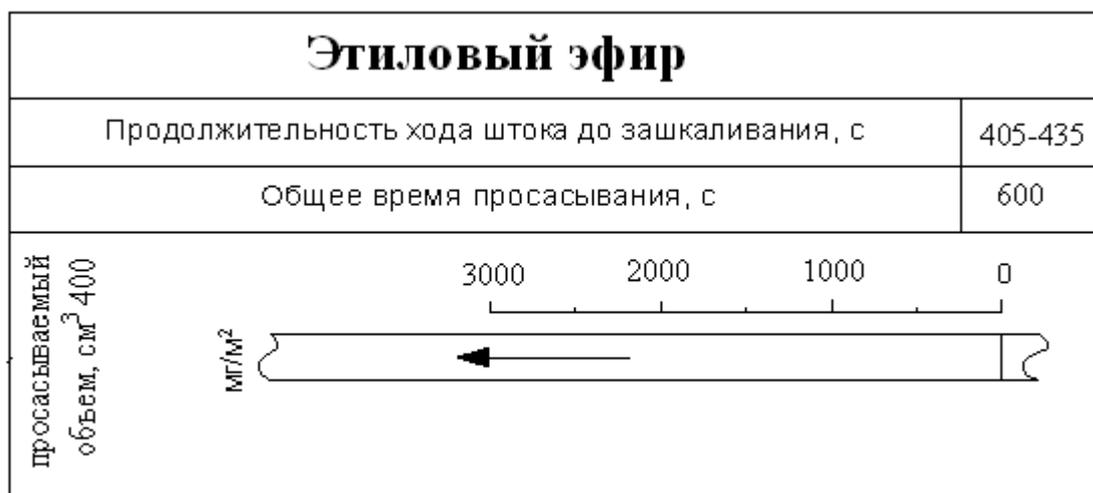


Рис.2. Измерительная шкала исследуемого газа

Методика проведения работы

1. Проверить герметичность воздухозаборного устройства, для чего сиффон 5 зажать штоком 1 на максимальном объеме воздуха и зафиксировать стопором 12. Затем перегнуть резиновый шланг 11, зажать его лабораторным зажимом, отвести стопор, если шток после небольшого рывка остановится, прибор герметичен и им можно пользоваться. Если движение штока будет продолжаться, прибор негерметичен; следует проверить плотность прилегания шланга к штуцеру, устранить негерметичность или взять другой прибор.
2. Приготовить прибор УГ-2 к отбору пробы: вставить шток в направляющую втулку, давлением руки на головку штока сжимать сиффон до тех пор, пока стопорный механизм не зафиксирует его в верхнем отверстии канавки. После этого присоединить к шлангу необходимую для данного конкретного вещества индикаторную трубку, а ее при помощи небольшого переходника соединить с колбой.
3. Надавливая одной рукой на головку штока, другой рукой отвести стопор 12 и прососать определенный объем испытуемого воздуха через индикаторную трубку.
4. По длине окрашенного столбика в индикаторной трубке определить фактическую концентрацию исследуемого газа при помощи измерительной шкалы (рис.2.)
5. Используя табл.1 и 3, данные анализа записать в табл.4.

Таблица 3

Определяемый газ	Просасываемый объем, мл	Время просасывания, с	Цвет индикаторного порошка после анализа	ПДК, мг/м ³
Ацетон	300	7	синий	200
Аммиак	250	4	синий	20
Бензол	350	7	серо-зеленый	20

Бензин	300	5	светло-коричневый	100
Окись углерода	220	8	коричневый	20
Окислы азота	325	7	красный	5
Сероводород	300	5	коричневый	10
Толуол	300	7	темно-коричневый	50
Углеводороды нефти	300	5	светло-коричневый	300
Хлор	350	7	красный	1
Этиловый эфир	400	7	зеленый	1000

Таблица 4

№	Определяемый газ	Протягиваемый объем воздуха, мл	Время хода штока, с	Цвет индикаторного порошка		Концентрация яда в воздухе \bar{C} , мг/м ³	ПДК, мг/м ³
				до анализа	после анализа		
1							
2							

При размытости границы раздела окрасок слоев исходного и прореагировавшего индикаторного порошка отсчет концентрации измеряемого вредного вещества по шкале проводят по нижней и верхней частям границы. За результат измерения принимают среднее значение.

Результат измерения концентрации вредного вещества приводят к нормальным условиям (C_H): температура – 293 К, атмосферное давление – 760 мм рт. ст. (101,3 кПа), относительная влажность – 60%.

Концентрацию C_H при нормальных условиях (мг/м³) вычисляют по формуле

$$C_H = \bar{C} \frac{(273 + t) \cdot 760}{293 \cdot P} \cdot K_B,$$

где, \bar{C} – результат измерения концентрации вредного вещества (мг/м³) при температуре окружающего воздуха, равной t (°С), относительной влажности φ (%) и атмосферном давлении P (кПа);

t – температура в помещении на момент измерения, °С;

P – атмосферное давление на момент измерения, кПа;

K_B – коэффициент, учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок (для условий учебной лаборатории принимаем $K_B = 1$).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание прибора.
3. Протокол измерений (табл.4).

4. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Классификация вредных веществ по физиологическому воздействию на человека.
2. Классификация веществ по токсичности.
3. Виды отравлений.
4. Что такое DL_{50} , CL_{50} ?
4. Определение КВНО.
5. Что такое ПДК?
6. Мероприятия и средства защиты от воздействия вредных веществ.
7. Средства индивидуальной защиты.
8. Схема газоанализатора УГ-2.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/С.В.Белов, А.В.Ильницкая и др.; Под общ.ред.С.В.Белова. 4-е изд., испр. И доп. – М.: Высш.шк., 2004. – 606 с.: ил.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технололических процессов и производств (Охрана труда): Учебное пособие для вузов/ Кукин П.П., В.Л.Лапин и др. – 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. Шк., 2001. – 319 с.: ил.
5. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов/кол.авторов; под ред. д-ра техн. наук, проф. А. И. Сидорова. – М.: КНОРУС, 2007-496с.